SUR LES

# ESSENCES PRINCIPALES

## DE LA FORÊT DE HAYE

PAR

ED. HENRY

GARDE GÉNÉRAL DES FORÊTS, ATTACHÉ A L'ÉCOLE FORESTIÈRE

EXTRAIT DES ANNALES DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST

PARIS

LIBRAIRIE AGRICOLE
DE LA MAISON RUSTIQUE
26, Rue Jacob, 26

BERGER-LEVRAULT ET Cie
ÉDITEURS
5, Rue des Beaux-Arts, 5

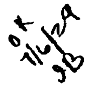
1878











# ÉTUDE CHIMIQUE

# SUR LA FORÊT DE HAYE

# ÉTUDE CHIMIQUE

SUR LES

# ESSENCES PRINCIPALES

## DE LA FORÊT DE HAYE

PAR

ED. HENRY

GARDE GÉNÉRAL DES FORÊTS, ATTACHÉ A L'ÉCOLE FORESTIÈRE

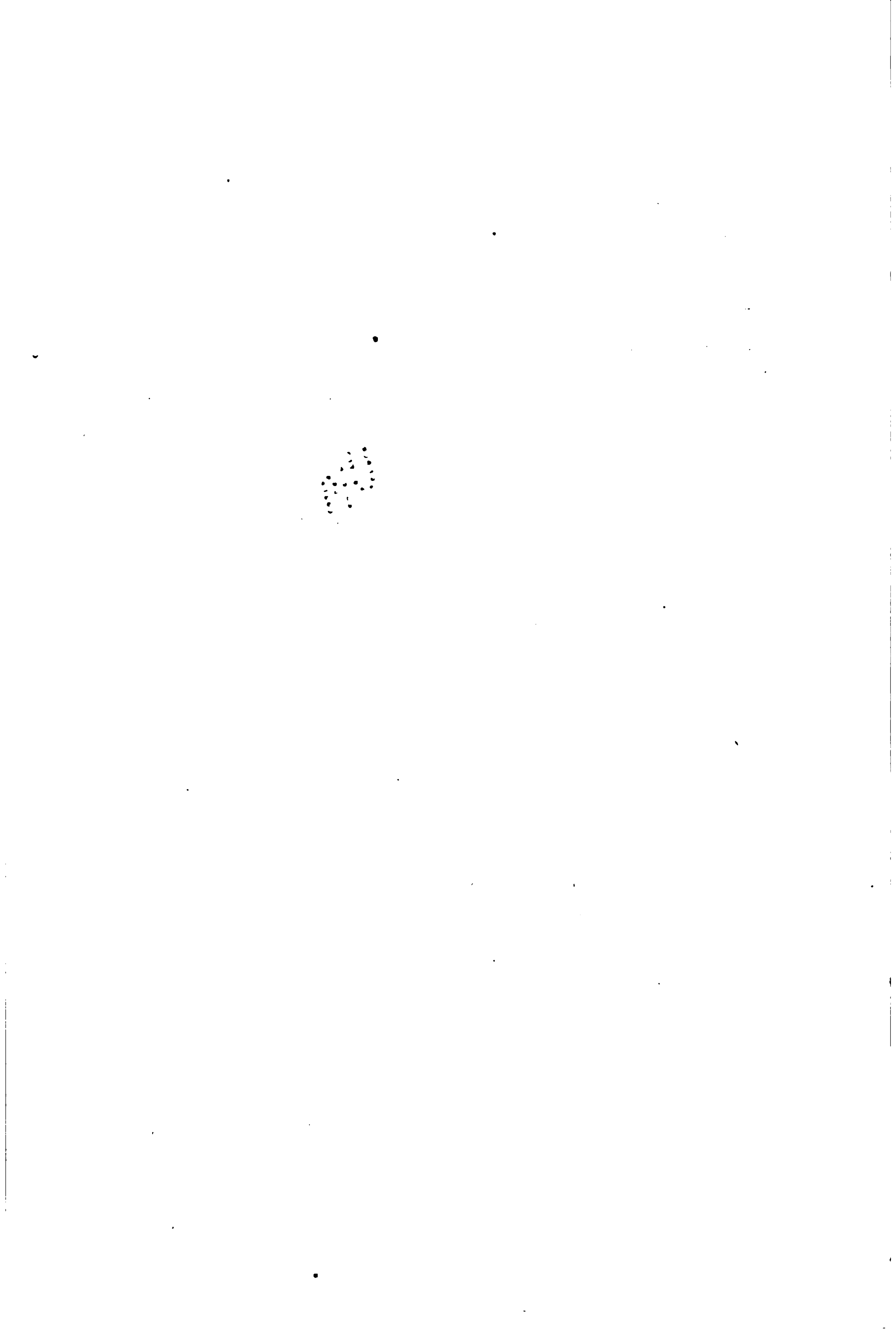
EXTRAIT DES ANNALES DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST

PARIS

LIBRAIRIE AGRICOLE
DE LA MAISON RUSTIQUE
26, Rue Jacob, 26

BERGER-LEVRAULT ET Cie
ÉDITEURS
5, Rue des Beaux-Arts, 5

1878



# ÉTUDE CHIMIQUE

SUR

# LES ESSENCES PRINCIPALES DE LA FORÊT DE HAYE

---

On possède actuellement un grand nombre d'analyses de cendres de végétaux agricoles, faites en vue d'étudier l'épuisement du sol par chacun d'eux, leur préférence pour certains élements fertilisants et, par suite, la nature des principes qu'on doit apporter au sol, suivant les récoltes qu'on en veut tirer. Dans les tables de Wolff (*Aschenanalysen von landwirthschaftlichen Producten, Fabrikabfällen und wildwachsenden Pflanzen*, von Dr Emil Wolff; Berlin, 1871), où il a recueilli toutes les analyses de cendres faites jusqu'à ce jour et méritant créance, on trouve à peine quelques chiffres se rapportant aux végétaux forestiers les plus importants.

Les analyses des plantes agricoles y sont, au contraire, assez nombreuses pour qu'on ait pu en déduire la composition moyenne de leurs cendres, et cela d'une façon très-suffisamment exacte, car leur composition varie assez peu pour une même espèce suivant les sols, grâce aux

engrais qu'on apporte généralement sur les terres et qui rendent constamment au sol ce que la plante lui enlève.

La composition des cendres des essences forestières est beaucoup plus dépendante de la nature chimique du sol, puisqu'on n'y a jamais apporté d'engrais et que les bois ont dû se contenter des principes minéraux contenus primitivement dans le sol et restitués en partie par la chute annuelle des feuilles et des fruits.

Or, comme les sols forestiers diffèrent extrêmement les uns des autres, il est très-intéressant de rechercher comment varient les principes minéraux, d'abord pour différentes essences croissant sur le même sol, ensuite pour ces mêmes essences végétant sur des sols différents. S'il est vrai, en effet, que les propriétés physiques du sol, telles que la profondeur, l'humidité, la perméabilité, etc., jouent le rôle prédominant dans la question de l'appropriation des essences aux sols, il est cependant des cas assez fréquents où la connaissance de ces qualités purement physiques ne suffit pas à faire prévoir la réussite ou l'insuccès de certaines espèces et où il faut avoir recours à la composition chimique du sol pour trouver la véritable explication du fait.

Ainsi tous les forestiers savaient que le pin maritime et le châtaignier réussissent très-bien sur les sols siliceux et point du tout sur les terrains calcaires ; mais on se bornait à constater le fait sans pouvoir l'expliquer. Ce sont les recherches de MM. Fliche et Grandeau sur la végétation de ces deux essences qui ont mis ce point en lumière.

Ils ont analysé des pins maritimes et des châtaigniers croissant sur des sols absolument identiques au point de

vue des propriétés physiques, mais de composition chimique différente, qu'ils analysèrent aussi. Ils ont montré que la non-réussite du pin maritime et du châtaignier sur les sols calcaires était due non à l'absence de silice dans ces sols, comme tendrait à le faire croire le nom de *plantes silicicoles* qu'on leur a donné, mais bien à ce que la présence d'un excès de chaux dans le sol agit sur ces deux essences comme un véritable poison, en s'opposant à l'assimilation de la potasse en particulier, et par suite à la production de l'amidon (voir les Mémoires sur le châtaignier et sur le pin maritime).

Des faits de cet ordre ne peuvent être révélés que par l'analyse comparative des plantes et du sol qui les porte, et leur importance n'échappe aux yeux de personne. Ils font ressortir toute l'influence de la composition chimique du sol sur la végétation des différentes espèces et l'intérêt qu'il y a à poursuivre des recherches dans une voie à peine frayée. Sur ce point en effet, presque tout est encore à faire, parceque les analyses que nous possédons sont presque toujours incomplètes et ne peuvent dès lors servir de base à des déductions rigoureuses, soit qu'on n'ait pas tenu compte de la composition chimique du sol, soit qu'on n'ait pas comparé les cendres de feuilles et d'axes appartenant à la même espèce végétale, ou que, pour une même espèce, on ait recueilli les feuilles sur un point, les tiges sur un autre, soit que les méthodes employées n'aient pas été les mêmes partout ; en un mot, que les circonstances de la prise et de l'analyse des échantillons n'aient pas été suffisamment indiquées.

Ce sont ces considérations qui m'ont déterminé à entreprendre, dans le laboratoire et d'après les conseils de

mon savant maître M. L. Grandeau, l'analyse du sol et des essences principales de la forêt de Haye.

La forêt de Haye, près Nancy, constitue un massif de 6,500 hectares qui repose sur l'oolithe inférieure. Ces bancs épais de calcaire fissuré sont recouverts par une couche plus ou moins épaisse d'argile. Sur une certaine partie de la forêt où cette couche est assez profonde, elle est mélangée de cailloux roulés, ce qui indique une origine diluvienne ; mais dans la partie où a été pris l'échantillon, cette couche est mince, sans cailloux, de hauteur uniforme, et semble provenir de la désagrégation de la roche sous-jacente ; le carbonate de chaux aura été entraîné par les eaux, et les minéraux accessoires, plus insolubles, se seront déposés. Le sous-sol calcaire donne, en effet, à l'analyse, un résidu assez considérable qui renferme tous les éléments du sol superficiel. Celui-ci, quoique riche en acide phosphorique et en potasse, ne donne que des terres arables très-médiocres, à cause de son peu d'épaisseur et de la grande perméabilité du sous-sol. La végétation forestière est la seule qui convienne aux terrains de cette nature parce qu'elle entretient par son couvert l'humidité nécessaire et que les puissantes racines des arbres peuvent aller puiser leur nourriture dans les fissures à des profondeurs inaccessibles aux plantes agricoles en général.

C'est dans la parcelle $M^3$ de la série de Grande-Haye, canton de Croix-Mitta, représentant à peu près la végétation moyenne de la forêt, qu'on a recueilli le sol et les essences.

Avant de prendre l'échantillon de sol, on a débarrassé la surface des herbes, mousses, feuilles, etc. ; puis on a creusé un trou à parois aussi verticales que possible, en

rejetant au dehors la terre qu'on extrayait de cette petite fosse. Quand elle a été bien nettoyée, on a enlevé par tranches, à la bêche, des couches verticales, en pratiquant un nombre suffisant de sections perpendiculaires pour extraire environ 5 à 6 kilogrammes de terre. On n'a prélevé de sol qu'à un endroit seulement, parce qu'il a sur toute la parcelle la même profondeur et qu'il est identique sous tous les rapports.

Le cube de terre a été enlevé sur une hauteur de $0^m,20$, mais la terre végétale n'a en réalité que $0^m,15$ de profondeur; les cinq derniers centimètres sont formés de fragments de pierre plus ou moins gros, dont les intervalles sont remplis par l'argile. Au-dessous, c'est-à-dire à $0^m,20$, on trouve déjà la roche calcaire en place, mais très-fissurée, de façon que les racines peuvent s'y enfoncer profondément et s'y nourrir.

On n'a analysé que la couche supérieure, le sous-sol étant du calcaire à peu près pur.

Après quatre jours de dessiccation à l'air libre, on trouve dans $5^l,750$ de terre prise jusqu'à $0^m,20$, $3^k,836$, soit 62.4 p. 100 de terre fine obtenue par le passage au tamis de 1 millimètre de section; $2^k,253$, soit 36.6 p. 100 de pierres calcaires; $0^k,067$, soit 1.1 p. 100 de débris de racines. Total, $6^k,156$.

1 litre de sol pèse donc $1^k,070$.

Le litre de terre fine desséchée à l'air pèse $1^k,005$.

L'analyse mécanique de cette couche superficielle de $0^m,15$ à $0^m,20$ a été faite d'après la méthode imaginée par M. Schlœsing[1], qui permet seule de séparer le sable

1. Voir *Traité d'analyse des matières agricoles,* par M. L. Grandeau, in-8°. Librairie agricole et Berger-Levrault et C^ie^. Paris, 1877.

de l'argile. Elle est fondée sur la propriété qu'a l'argile de rester indéfiniment en suspension dans l'eau *distillée*, tandis qu'elle se coagule et se dépose par l'addition de faibles quantités de sel calcaire.

Cette analyse a donné les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| Eau | 22.200 |
| Débris organiques | 3.240 |
| Sable | 42.840 |
| Argile | 28.830 |
| Matière noire | 0.550 |
| Matière enlevée à froid par l'eau acidulée | 2.220 |
| | 99.880 |

Par débris organiques, il faut entendre les racines et détritus végétaux de toutes sortes ; ils ont été séparés du sable et pesés.

La matière noire n'est autre chose que la matière organique appelée généralement *humus*, c'est-à-dire celle qui se trouve en combinaison avec la chaux principalement et les autres bases des sols. M. L. Grandeau a montré qu'elle était pour la plante le principal véhicule des aliments minéraux, et que la fertilité d'un sol pouvait se mesurer, toutes choses égales d'ailleurs, par le rapport existant entre la quantité d'acide phosphorique total et la quantité d'acide phosphorique engagé en combinaison avec la matière organique[1]. Il est donc important de doser cette matière noire.

Quant aux principes enlevés à froid par l'eau acidulée, ils se subdivisent ainsi :

1. Voir le Mémoire sur le rôle des matières organiques du sol.

| | |
|---|---|
| Sesquioxyde de fer et alumine | 1.33 |
| Acide phosphorique | 0.06 |
| Chaux | 0.45 |
| Magnésie | 0.08 |
| Potasse | 0.13 |
| Soude | 0.17 |
| | 2.22 |

La méthode suivie dans l'analyse chimique consiste à attaquer à chaud 100 grammes de terre fine par de l'acide nitrique pur et concentré, à déterminer le résidu insoluble dans l'acide, et, dans la liqueur, à doser les éléments dissous.

On a précipité ensemble le fer et l'alumine par l'ammoniaque. La chaux a été séparée à l'état d'oxalate de chaux et pesée après la transformation de ce dernier en chaux vive. La magnésie a été dosée à l'état de magnésie caustique, et les sels alcalins, pesés à l'état de chlorures, ont été séparés à l'aide du bichlorure de platine. L'acide phosphorique a été séparé par le molybdate d'ammoniaque et dosé sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien.

On a déterminé l'acide sulfurique avec le nitrate de baryte, le chlore avec le nitrate d'argent, et l'acide carbonique par une pesée directe.

L'eau a été obtenue par dessiccation à 110 degrés et la matière organique par incinération; seulement, avant de peser après l'incinération, on ajoutait un peu de carbonate d'ammoniaque destiné à régénérer les carbonates de chaux et de magnésie qui auraient pu être décomposés; malgré cette précaution, le taux de matières combustibles doit être regardé comme un maximum, parce que toute l'eau du sol n'est pas chassée à 110 degrés.

L'attaque de la terre par l'acide nitrique était effectuée au bain de sable, dont on élevait graduellement la température jusqu'à l'ébullition de l'acide; on la continuait jusqu'à cessation des vapeurs nitreuses dues à la réaction de la matière organique sur l'acide.

L'analyse chimique a fourni les résultats suivants:

| | |
|---|---|
| Eau volatile à 110 degrés | 22.200 |
| Matières organiques | 12.800 |
| Alumine et sesquioxyde de fer | 10.900 |
| Chaux | 0.600 |
| Magnésie | 0.356 |
| Manganèse (sesquioxyde) | 0.220 |
| Potasse | 0.248 |
| Soude | 0.160 |
| Acide phosphorique | 0.180 |
| Acide sulfurique | 0.248 |
| Chlore | traces. |
| Acide carbonique | 0.270 |
| Résidu insoluble | 52.420 |
| | 100.612 |

Quant à l'azote combiné aux matières organiques, il a été déterminé par la chaux sodée dans le sol desséché à l'air libre. On a trouvé 0.25 p. 100 d'azote organique.

Il est remarquable que la chaux existe en si faible quantité dans le sol quand le sous-sol est complétement calcaire.

L'analyse mécanique montre que le sol de cette parcelle est très-fortement argileux (29 p. 100 d'argile), et l'analyse chimique, qu'il renferme beaucoup de fer, comme l'indique sa coloration; c'est ce qui explique pourquoi on a trouvé dans les cendres notablement plus de fer que n'en indiquent les analyses insérées dans le recueil de Wolff.

Quant aux autres principes, leur teneur ne s'éloigne pas beaucoup des nombres trouvés par M. L. Grandeau pour la plupart des sols forestiers qu'il a analysés (voir plus loin: *Recherches sur le rôle des matières organiques du sol dans les phénomènes de la nutrition*).

Les chiffres relatifs à la potasse et à l'acide phosphorique sont même plus élevés que dans mainte forêt où la végétation est beaucoup plus belle et plus vigoureuse.

Ainsi le poids de la couche de $0^m,15$ de profondeur étant à l'hectare de 1,507 tonnes, le poids de l'acide phosphorique total sur cette couche est de 2,700 kilogrammes, tandis que la moyenne trouvée pour 13 sols forestiers (voir Mémoire précité) n'a été que de 2,212 kilogrammes. La forêt de Villers-Cotterets qui, comme celle de Haye, est peuplée surtout en hêtres et renferme les plus beaux massifs de France, ne contient que 1,035 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare sur une couche de $0^m,15$ de profondeur; la forêt de Compiègne, 1,120 kilogrammes seulement. La grande différence qu'on constate entre la végétation luxuriante du hêtre dans ces deux forêts et ses dimensions médiocres, surtout comme hauteur, dans la forêt de Haye, tient donc probablement surtout aux propriétés physiques du terrain, principalement à la profondeur et à l'humidité; car le sol de la forêt de Haye, un peu plus pauvre, il est vrai, en matière noire, contient encore deux fois plus de potasse que celui de Compiègne, trois fois plus que celui de Villers-Cotterets.

Le sol et les essences ont été prélevés le 16 juin 1875 dans la parcelle $M^3$ de la série de Grande-Haye. Cette parcelle est située à peu près au point culminant de la forêt, à 380 mètres d'altitude environ, sur le grand plateau qui

supporte la majeure partie de ce massif boisé de 6,500 hectares, et dont les bords sont entaillés par de petites vallées à pente roide.

Elle a été exploitée pour la dernière fois en taillis, en 1838; le peuplement est donc âgé de trente-sept ans; il a été éclairci en 1863 et en 1873. C'est un perchis complet presque pur en charmes, avec peu de réserves. La végétation est médiocre et représente à peine sous ce rapport la moyenne de la forêt.

Il faut en rechercher la cause dans le peu de profondeur du sol et dans les nombreuses fissures du banc calcaire sous-jacent qui permettent la prompte infiltration des eaux et facilitent le dessèchement de la surface.

Le peuplement est uniforme, et les arbres désignés pour l'analyse ont été pris, autant que possible, dans les mêmes conditions de végétation, c'est-à-dire qu'on a choisi ceux qui avaient pu croître librement, sans être dominés, qui présentaient une surface de feuillage en rapport avec leur diamètre et qui avaient toutes les apparences d'une végétation vigoureuse. Il eût été bon de prendre des tiges d'un même diamètre afin de se placer toujours dans les mêmes conditions; mais ce desideratum n'a pu être complétement rempli, à cause de la rareté de certaines essences dans la parcelle et de l'obligation où on était de les prendre près du lieu où on avait prélevé la terre.

Les analyses ont porté sur les onze essences les plus importantes de celles qui croissent spontanément dans la forêt de Haye. Ce sont :

1° Le hêtre commun (*Fagus sylvatica*) ; 2° le chêne rouvre (*Quercus robur*) ; 3° le charme commun (*Carpinus betulus*) ; 4° le coudrier (*Corylus avellana*) ; 5° le frêne commun

(*Fraxinus excelsior*); 6° l'orme de montagne (*Ulmus montana*); 7° l'érable champêtre (*Acer campestre*); 8° l'alisier torminal (*Sorbus torminalis*); 9° le cerisier merisier (*Cerasus avium*); 10° le pommier sauvage (*Malus acerba*); 11° le tremble (*Populus tremula*).

Les tiges ont été soigneusement coupées rez de terre et débitées en billes de 2 mètres jusqu'à 0m,05 et 0m,06 de diamètre; elles ont été comptées comme tiges jusqu'à cette dimension et pesées fraîches. On a pesé aussi les branches garnies de leurs feuilles, puis les branches sans leurs feuilles, et on a ainsi obtenu le poids frais des branches et des feuilles.

Pour obtenir le rapport en poids du bois vert à l'écorce verte, on a détaché de la plus grosse bille un morceau de 0m,50 de longueur à partir de 1m,50 du pied et on a pesé le bois et l'écorce.

En les desséchant à l'étuve, ainsi qu'un échantillon de branches et de feuillage, jusqu'à ce que deux pesées consécutives accusent le même poids, on obtient la proportion d'eau existant dans la tige, l'écorce, les branches et les feuilles. Par *tige* nous entendons le bois recouvert de son écorce. Ainsi le taux d'eau de la tige se rapporte à la tige garnie de son écorce, tandis que le taux de cendres a été fait sur le bois seul.

On a ensuite incinéré ces échantillons secs et pesé les cendres, ce qui a donné le taux de cendres brutes pour les quatre parties de chaque essence. En en déduisant l'acide carbonique et les impuretés, telles que charbon et sable insoluble dans l'acide fluorhydrique, on a eu le taux de cendres pures pour 100 de matière sèche.

Voici les résultats de ces pesées :

*Proportion en poids de tige, de branches et de*
*Taux d'eau, de cendres brutes, de cendres pures*

| POIDS VERT. | Alisier torminal. | | Pommier sauvage. | | Cerisier merisier. | | Coudrier. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Diam. ct. | Poids. k. | Diam. ct. | Poids. k. | Diam. ct. | Poids. k. | Diam. ct. | Poids. k. |
| Tige. . . 1re bille | 11.0 | 60.500 | 9.5 | 33.500 | 7.5 | 20.800 | 7 | 13.700 |
| Tige. . . 2e bille | 9.5 | | 8.0 | | 6.5 | | 6 | |
| Tige. . . 3e bille | 8.5 | | 5.5 | | 6.0 | | | |
| Tige. . . 4e bille | 6.5 | | 4.5 | | | | | |
| Branches | | 19.350 | | 14.800 | | 9.950 | | 9.950 |
| Feuilles | | 4.600 | | 4.250 | | 1.200 | | 2.600 |
| TOTAL | | 84.450 | | 52.550 | | 31.650 | | 25.250 |
| TAUX POUR 100. | | | | | | | | |
| Tige | | 71.6 | | 63.8 | | 65.7 | | 52.2 |
| Branches | | 22.9 | | 28.1 | | 30.5 | | 37.9 |
| Feuilles | | 5.5 | | 8.1 | | 3.8 | | 9.9 |
| TOTAL | | 100.0 | | 100.0 | | 100.0 | | 100.0 |
| Tige. . . Eau (bois avec l'écorce) | | 41.00 | | 45.45 | | 38.93 | | 42.82 |
| Tige. . . Cendres brutes. (bois seul) | | 0.43 | | 0.43 | | 0.45 | | 0.61 |
| Tige. . . — pures . (bois seul) | | 0.298 | | 0.328 | | 0.333 | | 0.423 |
| Écorce. . Eau | | 44.62 | | 50.63 | | 43.24 | | 36.25 |
| Écorce. . Cendres brutes | | 6.76 | | 11.27 | | 3.29 | | 13.13 |
| Écorce. . — pures | | 5.248 | | 8.154 | | 2.181 | | 8.934 |
| Branches Eau | | 36.66 | | 40.39 | | 32.96 | | 33.80 |
| Branches Cendres brutes | | 2.78 | | 3.46 | | 1.95 | | 2.61 |
| Branches — pures | | 2.194 | | 2.656 | | 1.365 | | 1.957 |
| Feuilles . Eau | | 56.83 | | 47.64 | | 63.05 | | 44.36 |
| Feuilles . Cendres brutes | | 8.03 | | 10.00 | | 8.98 | | 8.45 |
| Feuilles . — pures | | 6.418 | | 7.770 | | 6.700 | | 6.653 |

*feuilles (à l'état frais) dans chaque essence.*
*dans la tige, l'écorce, les branches et les feuilles.*

| Charme. | Tremble. | Orme de montagne. | Érable champêtre. | Hêtre. | Chêne rouvre. | Frêne. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Diam. Poids. | Diam. Poids. | Diam. Poids. | Diam. Poids. | Diam. Poids. | Diam. Poids. | Diam. Poids. |
| ct. | ct. | ct. | ct. | ct. | ct. | ct. |
| 9.0 8.0 7.0 4.5 } k. 40.00 | 10 9 8 7 } k. 36.500 | 9.0 8.0 6.5 } k. 31.100 | 12.0 9.5 8.5 7.0 } k. 53.200 | 10.5 9.5 7.5 6.5 } k. 50.700 | 12 10 9 7 } k. 54.500 | 12.5 10.0 8.0 6.0 } k. 52.200 |
| 17.050 | 10.600 | 10.250 | 18.250 | 13.850 | 13.570 | 16.950 |
| 6.900 | 2.950 | 3.600 | 6.100 | 4.800 | 5.680 | 10.700 |
| 63.950 | 50.050 | 44.950 | 77.550 | 69.350 | 73.750 | 79.850 |
| 62.5 | 72.9 | 69.2 | 68.6 | 73.1 | 73.9 | 65.4 |
| 26.7 | 21.2 | 22.8 | 23.5 | 19.9 | 18.4 | 21.2 |
| 10.8 | 5.9 | 8. | 7.9 | 7. | 7. | 13.4 |
| 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 41.23 | 41.72 | 41.54 | 19.14 | 38.07 | 38.31 | 32.16 |
| 0.53 | 0.55 | 0.61 | 0.44 | 0.49 | 0.44 | 0.48 |
| 0.371 | 0.398 | 0.451 | 0.322 | 0.355 | 0.311 | 0.361 |
| 34.92 | 38.47 | 44.29 | 44.18 | 46.69 | 40.66 | 47.05 |
| 13.52 | 5.12 | 14.25 | 12.03 | 7.75 | 8.97 | 5.43 |
| 8.773 | 3.334 | 9.262 | 8.543 | 5.857 | 5.575 | 4.114 |
| 38.22 | 37.49 | 39.07 | 35.55 | 38.16 | 37.35 | 37.62 |
| — | 3.81 | 3.67 | 2.15 | 2.16 | 3.37 | 2.41 |
| — | 2.275 | 2.528 | 1.601 | 1.590 | 2.426 | 1.831 |
| 56.16 | 48.12 | 68.29 | 49.20 | 56.60 | 57.03 | 64.30 |
| 6.38 | 11.30 | 7.75 | 5.48 | 5.84 | 6.45 | 8.03 |
| 5.208 | 8.865 | 6.824 | 4.682 | 5.142 | 4.508 | 7.001 |

Ces nombres montrent que, sauf pour le coudrier, dont les chiffres sont anormaux à cause de la faible dimension de la tige, le poids de la tige dans l'arbre vert varie entre 63 et 73 p. 100, celui des branches entre 19 et 29 p. 100, celui des feuilles entre 5 et 13 p. 100.

La teneur moyenne en eau est :

| | |
|---|---|
| Dans la tige . . . . . . . . | 49.00 p. 100 |
| Dans l'écorce . . . . . . . | 41.82 |
| Dans les branches . . . . . | 37.00 |
| Dans les feuilles . . . . . . | 55.60 |

Les taux d'eau donnés pour les feuilles sont un peu trop faibles à cause de l'évaporation de l'eau pendant le transport; c'est surtout vrai pour les feuilles de tremble, d'érable, de coudrier et de pommier qui n'ont pu être détachées et pesées qu'un jour après les autres et qui avaient déjà perdu une partie de leur eau. Pour la tige, l'écorce et les branches, on voit que les écarts maxima dans la teneur en eau sont très-faibles.

Il en est de même pour le taux de cendres pures dans le bois des tiges, taux qui ne varie qu'entre 0.30 p. 100 et 0.45 p. 100. Pour les branches, les différences sont déjà plus sensibles; mais elles s'accentuent surtout dans les feuilles, où le taux varie du simple au double, et dans l'écorce, où l'écart maximum est de 2 à 9. La proportion de cendres dans l'écorce est de 2.2 à 5.8 p. 100 pour une moitié des essences, puis saute brusquement de 8.2 à 9.2 pour l'autre moitié.

La teneur moyenne en cendres pures est :

| | |
|---|---|
| Dans la tige . . . . . . . . | 0.36 p. 100 |
| Dans les branches . . . . . . | 2.04 |
| Dans l'écorce. . . . . . . . | 6.34 |
| Dans les feuilles. . . . . . . | 6.34 |

Un accident a empêché d'avoir le taux de cendres des branches de charme.

Le tableau suivant donne le rapport du bois à l'écorce dans une tige de $0^m,09$ à $0^m,11$ de diamètre.

| Taux pour 100. | Alisier. | Pommier. | Cerisier. | Coudrier. | Charme. | Tremble. | Orme. | Érable. | Hêtre | Chêne. | Frêne. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bois vert. . . . | 87.1 | 86.1 | 84.8 | 89.6 | 94.3 | 76.7 | 86.7 | 87.2 | 92.9 | 86 | 88.3 |
| Écorce fraîche. | 12.9 | 13.9 | 15.2 | 20.4 | 5.7 | 23.3 | 13.3 | 12.8 | 7.1 | 14 | 11.7 |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

C'est le charme et le hêtre qui ont la plus faible proportion d'écorce. Toutes les autres essences oscillent entre 12 et 14 p. 100, excepté le cerisier et le coudrier qui ont un taux beaucoup trop fort, dû au faible diamètre des tiges considérées, et le tremble, dont l'écorce est très-épaisse et s'élève à un taux double de celui des autres essences.

Dans chacune de ces onze essences, on a ensuite analysé :

1° Les cendres de la tige avec son écorce; 2° les cendres de l'écorce seule; 3° les cendres des branches; 4° les cendres des feuilles.

Le taux centésimal est rapporté à 100 de cendres pures, c'est-à-dire débarrassées de leur acide carbonique et des impuretés, telles que sable, charbon, etc. C'est ainsi que Wolff a disposé les analyses dans son recueil et cette similitude dans le calcul des analyses rendra les comparaisons plus faciles.

De l'ensemble de tous les faits positifs recueillis depuis trente ans il résulte que tous les végétaux sont formés de dix corps simples, indispensables et suffisants à leur développement, savoir : carbone, oxygène, hydrogène, azote, soufre, phosphore, potassium, calcium, magnésium et fer. Les trois premiers, seuls ou associés à l'azote, forment, par

leurs combinaisons, les principes immédiats des végétaux, dans un certain nombre desquels (matières albuminoïdes) entrent aussi le soufre et le phosphore. Ce sont les éléments de la matière combustible dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Les autres sont les éléments essentiels des cendres où ils se trouvent combinés sous forme d'acide sulfurique, acide phosphorique, potasse, chaux, magnésie, oxyde de fer.

On trouve encore souvent dans les cendres d'autres corps, tels que le silicium, le manganèse, le sodium, le chlore, qui ne paraissent pas physiologiquement indispensables. Les essais de culture dans l'eau ont montré qu'on pouvait élever des plantes jusqu'à leur entier développement, sans le secours de ces quatre derniers corps. Mais les six composés précédents, auxquels il faut naturellement ajouter les sources des principes immédiats (acide carbonique, eau, acide nitrique, ammoniaque), sont absolument nécessaires.

On a recherché dans les cendres :

*L'acide phosphorique, l'acide sulfurique, la chaux, la magnésie, la potasse, le fer, la soude, le manganèse, le chlore, l'acide silicique, l'acide carbonique,* et, de plus, dans les feuilles, *l'azote.*

Mais avant d'exposer la méthode suivie pour doser ces éléments, disons un mot de la façon dont on a procédé à l'incinération. Pour pouvoir disposer d'une assez grande quantité de cendres, on a été obligé d'incinérer à l'air libre et d'élever la température assez haut pour brûler presque tout le charbon et obtenir des cendres suffisamment blanches. Cette façon de procéder a, entre autres inconvénients, celui de volatiliser une partie des chlorures,

corps dont nous n'avons trouvé que des traces dans nos cendres, mais qui existent probablement dans la matière première en quantités dosables. La température a été suffisante pour atteindre ce résultat, puisqu'une partie du carbonate de chaux des cendres a pu être transformée en chaux vive.

Le seul moyen de parer à ces inconvénients aurait été d'incinérer, à basse température, dans un courant d'oxygène; ce n'est qu'en opérant ainsi qu'on peut avoir des cendres bien blanches renfermant tous les principes facilement volatils.

Malheureusement ce procédé eût été trop long et difficile à appliquer dans le cas présent, où il fallait incinérer assez de matière végétale pour avoir une quantité de cendres représentant bien la composition moyenne des échantillons en principes minéraux.

Quant à la méthode d'analyse suivie, nous allons la décrire brièvement pour qu'on puisse mieux contrôler nos résultats et obtenir, si l'on fait d'autres analyses par la même méthode, des chiffres aussi comparables que possible.

On prend 10 grammes de cendres desséchées à 110 degrés, qu'on humecte d'eau distillée et qu'on attaque par l'acide nitrique pur. On ne verse l'acide que peu à peu pour éviter le dégagement trop rapide d'acide carbonique et pour ne pas acidifier inutilement la liqueur. On s'arrête quand il n'y a plus de dégagement d'acide carbonique. On chauffe graduellement au bain de sable jusqu'à cessation des vapeurs nitreuses (une demi-heure suffit). On filtre et on étend à 250 ou 500 centimètres cubes, s'il est besoin. Le résidu contient la silice et les impuretés. On pèse le résidu incinéré et on attaque par l'acide fluorhydrique qui

dissout la silice; on pèse le résidu insoluble dans l'acide et l'on a ainsi, par différence, la silice et les impuretés.

On prend 50 centimètres cubes de la liqueur; on y dose le phosphate de fer, en précipitant par l'ammoniaque et en reprenant par l'acide acétique, où le phosphate de fer seul est insoluble. Dans la liqueur acétique, on précipite la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, on calcine et on pèse à l'état de chaux vive. Enfin on précipite dans la liqueur filtrée l'excès d'acide phosphorique qui n'est pas uni au fer, par le mélange magnésien; on forme ainsi du phosphate ammoniaco-magnésien qui, par la calcination, devient du pyrophosphate de magnésie ($PhO^5$ $2MgO$), forme sous laquelle on pèse l'acide phosphorique.

Dans une autre portion de 50 centimètres cubes, on dose le chlore par le nitrate d'argent, l'acide sulfurique par le nitrate de baryte, puis on précipite tout l'acide phosphorique par l'ammoniaque, la chaux ainsi que les excès d'argent et de baryte employés par l'oxalate d'ammoniaque, de façon à ne plus avoir dans la liqueur filtrée que des nitrates de magnésie, de potasse, de soude et d'ammoniaque, celui-ci provenant de l'excès de réactif employé. On évapore avec précaution; quand on est arrivé à siccité, on calcine en ajoutant un peu d'acide oxalique en cristaux pour transformer les nitrates en carbonates.

Le carbonate de magnésie se décompose par la chaleur en magnésie caustique insoluble. On reprend par un peu d'eau et on filtre. La magnésie reste sur le filtre et les carbonates de potasse et de soude passent dans la liqueur.

On les transforme en chlorures par un peu d'acide chlorhydrique; on pèse le chlorure double de potassium

et de sodium, on reprend par un peu d'eau et on précipite la potasse par le bichlorure de platine ; on pèse le chlorure double de platine et de potassium et on déduit de ces deux pesées les poids de potasse et de soude.

On n'a pas recherché le manganèse, quand le produit de la calcination était d'un beau blanc ; lorsqu'il présentait la couleur verte caractéristique de l'acide manganique, on séparait le manganèse par le nitrate d'ammoniaque qui dissout la magnésie à l'état de nitrate et laisse le manganèse inattaqué.

Quant à l'acide carbonique, on l'obtenait par une pesée directe. L'azote des feuilles a été dosé par la chaux sodée.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant.

Si l'on considère attentivement ce tableau, il nous semble qu'on peut en faire ressortir quelques faits intéressants :

1° D'abord on n'aperçoit pas de différences excessives dans les teneurs respectives des diverses tiges, écorces, branches, feuilles, en chacun des éléments, et on devait s'y attendre. Car s'il avait existé dans la forêt une essence dont le tempérament répugnât à s'assimiler les principes minéraux mis à sa disposition, cette essence se fût trouvée dans de mauvaises conditions de végétation et forcément appelée à disparaître dans la lutte pour l'existence qu'elle aurait eu à soutenir contre des espèces mieux appropriées au sol. Les essences qui croissent spontanément dans la forêt de Haye assimilent toutes tous les principes qu'on rencontre dans le sol.

Si l'on suppose un arbre fictif, dont chaque principe

COMPOSITION DES CENDRES

| ESSENCES. | ACIDE PHOSPHORIQUE. | | | | SESQUIOXYDE DE FER. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. |
| Alisier torminal. . | 4.385 | 3.924 | 2.255 | 7.007 | 3.235 | 2.873 | 0.838 | 0.947 | 5.536 |
| Pommier sauvage. | 3.172 | 3.403 | 1.869 | 6.710 | 2.000 | 1.448 | 0.575 | 1.082 | 8.345 |
| Cerisier merisier . | 4.786 | 3.675 | 2.850 | 6.360 | 2.214 | 2.527 | 1.080 | 0.908 | 5.071 |
| Coudrier noisetier. | 5.464 | 5.470 | 3.087 | 7.915 | 1.797 | 1.232 | 0.979 | 3.591 | 8.986 |
| Charme. . . . . . | 4.107 | 7.192 | 1.733 | 8.832 | 1.419 | 1.940 | 0.992 | 2.748 | 4.929 |
| Tremble . . . . . | 4.402 | 3.101 | 3.083 | 8.794 | 1.238 | 1.135 | 3.008 | 2.057 | 11.829 |
| Orme de montagne. | 3.084 | 4.182 | 1.491 | 7.633 | 0.892 | 1.046 | 1.727 | 6.858 | 6.237 |
| Érable champêtre. | 3.382 | 4.714 | 3.259 | 9.557 | 1.584 | 2.191 | 2.815 | 1.981 | 9.138 |
| Hètre. . . . . . . | 2.789 | 6.172 | 2.097 | 7.829 | 2.301 | 1.617 | 0.723 | 2.372 | 14.575 |
| Chêne rouvre . . . | 3.578 | 4.607 | 2.876 | 12.394 | 1.506 | 0.542 | 0.986 | 3.099 | 9.793 |
| Frêne. . . . . . . | 6.787 | 8.394 | 3.870 | 22.618 | 1 810 | 1.664 | 1.244 | 1.110 | 13.197 |
| Moyenne. . . | 4.176 | 4.985 | 2.588 | 9.604 | 1.819 | 1.665 | 1.360 | 2.614 | 7.967 |

| ESSENCES. | CHAUX. | | | | ACIDE CARBONIQUE. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. |
| Alisier torminal. . | 76.125 | 70.497 | 81.057 | 42.676 | 30.18 | 20.13 | 21.66 | 19.32 |
| Pommier sauvage. | 75.793 | 80.738 | 86.263 | 53.391 | 21.84 | 22.48 | 27.15 | 22.02 |
| Cerisier merisier . | 66.071 | 71.516 | 82.550 | 42.635 | 34.83 | 28.08 | 32.81 | 23.29 |
| Coudrier noisetier. | 73.329 | 73.633 | 87.501 | 52.766 | 30.16 | 24.33 | 31.76 | 20.32 |
| Charme. . . . . . | 73.937 | 76.484 | 87.623 | 61.138 | 29.35 | 30.45 | 35.11 | 18.37 |
| Tremble. . . . . . | 71.183 | 77.860 | 72.782 | 49.645 | 26.91 | 26.43 | 34.19 | 20.45 |
| Orme de montagne. | 77.313 | 67.449 | 83.987 | 29.314 | 25.69 | 30.32 | 35.66 | 11.38 |
| Érable champêtre. | 74.308 | 70.717 | 81.852 | 30.886 | 25.70 | 24.54 | 30.76 | 14.08 |
| Hètre. . . . . . . | 60.251 | 66.568 | 83.441 | 44.365 | 24.51 | 25.36 | 24.17 | 11.59 |
| Chêne rouvre. . . | 76.271 | 69.241 | 87.921 | 47.042 | 28.50 | 28.00 | 37.85 | 29,46 |
| Frêne. . . . . . . | 62.142 | 64.399 | 80.166 | 39.451 | 23.59 | 23.27 | 23.93 | 12.21 |
| Moyenne. . . | 71.430 | 71.736 | 83.195 | 44.847 | 26.48 | 25.76 | 30.46 | 18.41 |

* Des deux nombres réunis par une accolade dans la colonne *Magnésie* et *Manganèse,* le premier indique la

NOTA. — On n'a trouvé que des traces de chlore les feuilles qui en contenaient le plus, celles de pommier,

DES DIVERSES ESSENCES.

| POTASSE. | | | MAGNÉSIE ET MANGANÈSE. | | | | SOUDE. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. |
| 9.601 | 5.928 | 24.495 | 6.830 | 7.288 | 6.443 | 9.976 | 0.503 | 0.421 | 1.353 | 11.048 |
| 5.214 | 3.738 | 24.747 | 4.759 | 4.707 | 3.666 | 5.556 | 0.822 | 1.159 | 1.797 | 2.670 |
| 8.729 | 3.930 | 23.232 | 13.857 | 5.743 | 4.970 | 12.330 | 1.287 | 2.227 | 1.920 | 9.604 |
| 7.293 | 1.657 | 18.322 | 2.229 | 5.610 | 3.539 | *4.727<br>2.345 | 2.804 | 2.244 | 0.301 | 1.758 |
| 5.137 | 2.228 | 12.071 | *2.359<br>3.734 | 2.854 | 2.970 | *2.453<br>3.140 | 4.780 | 1.370 | 0.866 | 1.865 |
| 9.027 | 7.744 | 18.369 | 3.783 | 5.275 | 7.143 | 3.972 | 3.782 | Traces. | 1.653 | 6.809 |
| 6.929 | 2.669 | 23.673 | 5.278 | 11.766 | 3.532 | 8.407 | 3.084 | 3.138 | 0.785 | 2.158 |
| 7.902 | 4.229 | 25.408 | 5.613 | 8.632 | 3.926 | 10.489 | 1.080 | 1.659 | 1.035 | 0.933 |
| 11.830 | 5.134 | 21.827 | 4.533 | 5.364 | 3.615 | 7.295 | 1.953 | 0.808 | 0.145 | 3.262 |
| 14.228 | 2.958 | 22.394 | 3.578 | 6.369 | 2.054 | 2.958 | 0.943 | 1.625 | 0.7 9 | 3.944 |
| 17.583 | 8.362 | 18.702 | 5.883 | 3.111 | 2.350 | 8.132 | 5.739 | 1.085 | 1.037 | 0.992 |
| 9.407 | 4.415 | 21.204 | 5.692 | 6.065 | 4.019 | 7.434 | 2.434 | 1.458 | 1 057 | 4.031 |

| ACIDE SILICIQUE. | | | | ACIDE SULFURIQUE. | | | | AZOTE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Tige. | Branches. | Écorce. | Feuilles. | Feuilles. |
| 2.876 | 3.434 | 1.031 | 2.336 | 1.510 | 1.962 | 1.095 | 1.515 | 1.80 |
| 3.310 | 1.738 | 0.720 | 2.309 | 1.790 | 1.593 | 1.366 | 3.319 | 1.98 |
| 4.643 | 2.680 | 1.390 | 2.725 | 2.071 | 1.838 | 1.310 | 2.206 | 2.14 |
| 4.313 | 3.156 | 1.355 | 5.790 | 1.078 | 1.262 | 1.581 | 2.786 | 2.14 |
| 2.240 | 2.055 | 1.237 | 5.790 | 2.315 | 1.376 | 2.351 | 1.963 | 2.48 |
| 2.751 | 2.225 | 2.256 | 7.518 | 1.032 | 1.838 | 2.331 | 2.837 | 1.89 |
| 3.358 | 3.268 | 4.553 | 19.911 | 0.754 | 2.222 | 1.256 | 2.046 | 2.14 |
| 2.952 | 1.793 | 1.333 | 11.072 | 1.943 | 2.390 | 1.556 | 9.674 | 2.14 |
| 10.042 | 5.584 | 3.760 | 10.558 | 3.556 | 2.057 | 1.085 | 2.492 | 1.42 |
| 2.354 | 1.626 | 0.822 | 5.211 | 1.977 | 1.762 | 1.644 | 2.958 | 2.29 |
| 2.187 | 1.809 | 1.451 | 2.632 | 2.262 | 1.955 | 1.520 | 7.013 | 2.11 |
| 3.730 | 2.670 | 1.810 | 7.895 | 1.844 | 1.853 | 1.554 | 3.528 | 2.04 |

magnésie ; le deuxième, le manganèse.
n'en renfermaient que 0,216 p. 100.

soit la moyenne des chiffres obtenus pour les onze essences, il aura la composition suivante :

| | Écorces. | Tiges. | Branches. | Feuilles. |
|---|---|---|---|---|
| Acide phosphorique. | 2,588 | 4,176 | 4,985 | 9,604 |
| Sesquioxyde de fer. | 1,360 | 1,819 | 1,665 | 2,614 |
| Chaux . . . . . . | 83,195 | 71,436 | 71,736 | 44,847 |
| Magnésie . . . . . | ,104 | 5,692 | 6,065 | 7,434 |
| Potasse . . . . . . | 4,415 | 7,967 | 9,407 | 21,204 |
| Soude. . . . . . . | 1,057 | 2,434 | 1,458 | 4,031 |
| Acide sulfurique . . | 1,554 | 1,844 | 1,853 | 3,528 |
| Acide silicique. . . | 1,810 | 3,730 | 2,670 | 6,895 |
| | 99,998 | 98,092 | 99,839 | 100,157 |

2° Les moyennes ci-dessus, rapprochées du grand tableau, montrent que la composition des cendres des tiges et des branches est sensiblement la même. La différence d'âge n'est pas, en effet, assez considérable pour entraîner une grande variété de composition, et ces tiges de 0m,07 à 0m,12 de diamètre peuvent être regardées comme des branches.

L'écart le plus grand est relatif à la potasse, dont la teneur moyenne est de 1.5 p. 100 plus forte dans les branches que dans la tige. On sait que la potasse et l'acide phosphorique, ces deux éléments nutritifs par excellence, émigrent des parties vieilles et inertes vers les parties jeunes et vivaces jusque dans les feuilles, où ils s'accumulent en grande quantité pour servir à la formation de la chlorophylle, de l'amidon, etc. Les branches devaient donc en renfermer plus que les tiges. C'est l'inverse pour la silice, et ce fait est aussi d'accord avec le rôle que les physiologistes lui attribuent.

D'après Jul. Sachs, cet élément, qui existe à peine dans les organes jeunes, s'y accumule à mesure qu'ils vieillissent, de telle sorte que son abondance est en raison inverse de l'activité vitale de l'organe.

3° Nous voyons la confirmation de ce fait connu, à savoir que l'acide phosphorique, l'acide sulfurique, la potasse et la magnésie (éléments essentiels avec la chaux) sont contenus en plus grande quantité dans les feuilles que dans les branches, qui en renferment plus que la tige, celle-ci étant elle-même plus riche que l'écorce.

Quant aux principes secondaires, tels que fer, soude, silice, il ne semble pas y avoir de loi dans leur distribution. La moyenne suit la progression décroissante : feuilles, tige, branches, écorce; mais si on regarde le tableau général, on voit que le même principe est tantôt plus abondant dans la feuille, tantôt dans la tige ou dans l'écorce. Cela tient à leur rôle inerte dans les phénomènes d'assimilation.

Si nous avons rangé le fer parmi les principes secondaires, bien qu'il soit absolument nécessaire pour la formation de la chlorophylle, c'est que le sol renferme des quantités tellement surabondantes de ce principe qu'il ne se distribue plus suivant ses fonctions physiologiques.

La chaux suit un ordre inverse de celui de la potasse et de l'acide phosphorique. Tandis que l'écorce en renferme en moyenne l'énorme proportion de 83 p. 100, la tige et les branches 71 p. 100, les feuilles n'en contiennent que 45 p. 100. C'est ce principe qui présente les moindres variations; les chiffres extrêmes sont : pour l'écorce, 72 et 87; pour la tige, 62 et 77; pour les branches, 64 et 80.

Si, au lieu de considérer le taux des éléments constitutifs des cendres dans les quatre parties du végétal, on compare leurs variations, essence à essence, on constate :

4° La concordance remarquable des taux de l'alisier, du cerisier et du pommier, espèces très-voisines au point de

vue botanique. Seulement l'alisier et le cerisier, espèces indifférentes, absorbent beaucoup moins de chaux que le pommier, espèce calcicole. Remarquons que cette forte teneur en chaux n'est pas, pour ce dernier, un obstacle à l'assimilation de la potasse dont il contient autant que ses deux voisins. C'est un fait analogue à celui qui a été signalé par MM. Fliche et Grandeau à propos du pin maritime et du pin d'Autriche venus en sol calcaire. Ce dernier contenait presque autant de chaux que le pin maritime et absorbait néanmoins 13.6 p. 100 de potasse quand le pin maritime n'en contenait que 4.9 p. 100;

5° Le taux élevé du hêtre en potasse comparé aux faibles exigences du charme.

6° La forte teneur du chêne en acide phosphorique et en potasse.

7° Celle du tremble en potasse.

Tous ces faits sont d'accord avec ce qu'on observe en sylviculture.

Tout le monde sait que le chêne vient bien surtout dans les sols argileux, qui sont riches en potasse, que le tremble veut des sols fertiles, et que ces deux essences réussissent peu ou pas dans des terrains où le hêtre et le charme ont encore une belle végétation.

8° La préférence marquée du hêtre et surtout du charme pour le manganèse. Leurs cendres étaient franchement colorées en vert par les manganates.

9° Le taux énorme d'acide phosphorique dans le bois et surtout les feuilles de frêne, correspondant à une augmentation notable dans le chiffre de l'acide sulfurique, indique que cette essence a des exigences spéciales sous ce rapport. Les observations des praticiens prouvent que cette essence

est très-capricieuse et échoue sur certains sols sans qu'on puisse s'expliquer pourquoi. Ce fait trouverait peut-être son explication dans la teneur insuffisante du sol en acide phosphorique; en tous cas, il serait bon de le vérifier.

10° L'orme a des teneurs moyennes, sauf en silice, dont ses feuilles contiennent 20 p. 100 de leur poids de cendres. On sait, en effet, que les feuilles de l'orme sont rugueuses au toucher, ce qui est dû à la silice qui incruste l'épiderme.

11° L'érable offre en acide phosphorique, potasse et acide sulfurique, des taux considérables. Les érables sont des espèces très-exigeantes qui épuisent rapidement le sol, et il est probable que les causes chimiques doivent être pour beaucoup dans la distribution de cette essence qu'on ne rencontre, on le sait, qu'à l'état disséminé, jamais en massif pur.

Telles sont les conclusions qui nous paraissent ressortir de ces analyses; mais pour pouvoir les affirmer avec plus d'autorité et arriver à bien connaître les préférences de chaque essence, il serait utile d'analyser ces mêmes espèces croissant sur des sols chimiquement différents et de conditions physiques identiques. De ces analyses et de celles des sols rapprochées des chiffres consignés plus haut, on pourrait alors tirer des conclusions pratiques d'un haut intérêt qui, en renseignant sur les conditions physiologiques de chaque essence, éviteraient beaucoup de tâtonnements et de mécomptes.

Comme le taux de cendres n'est pas le même pour toutes les essences, qu'il varie assez largement dans les feuilles, qui sont les organes les plus riches en acide phosphorique et en potasse, nous allons calculer ce que l'arbre tout entier a enlevé au sol en principes minéraux.

| Essences. | Poids vert. | Poids sec. | Poids total de cendres pures. | Taux de cendres pures pour 100 de matière sèche. |
|---|---|---|---|---|
| Alisier . . . | 84k,15 | 49k,65 | 0k,717 | 1,444 |
| Pommier . . | 52 ,55 | 29 ,08 | 0 ,603 | 2,073 |
| Cerisier. . . | 31 ,65 | 19 ,45 | 0 ,193 | 0,992 |
| Coudrier. . . | 26 ,25 | 16 ,06 | 0 ,411 | 2,557 |
| Charme. . . | 63 ,95 | 37 ,23 | 0 ,550 | 1,477 |
| Tremble . . | 50 ,05 | 29 ,70 | 0 ,526 | 1,771 |
| Orme. . . . | 44 ,95 | 25 ,46 | 0 ,520 | 2,042 |
| Érable . . . | 77 ,55 | 46 ,49 | 0 ,741 | 1,594 |
| Hêtre. . . . | 69 ,35 | 41 ,71 | 0 ,458 | 1,098 |
| Chêne . . . | 73 ,75 | 44 ,39 | 0 ,658 | 1,483 |
| Frêne. . . . | 79 ,85 | 48 ,91 | 0 ,707 | 1,446 |

Ce tableau montre que le taux de cendres de l'arbre tout entier peut très-bien varier du simple au double, d'une essence à l'autre, et qu'il faut en tenir compte si l'on veut se renseigner exactement sur l'épuisement du sol par chaque essence. — C'est ce que nous avons fait dans le tableau suivant, où nous avons calculé les poids d'acide phosphorique, de potasse et de chaux enlevés au sol par 100 parties d'arbre à l'état sec.

| ESSENCES. | Poids de l'arbre sec. | Poids de l'acide phosphorique. | Poids de la potasse | Poids de la chaux. | Taux % de l'acide phosphorique. | Taux % de la potasse | Taux % de la chaux. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alisier. . . . . | 49k,65 | 28gr,72 | 75g,78 | 497g,4 | 0,058 | 0,152 | 1,001 |
| Pommier. . . . | 29 ,08 | 23 ,95 | 64 ,88 | 445 ,2 | 0,082 | 0,223 | 1,531 |
| Cerisier. . . . | 19 ,45 | 7 ,98 | 18 ,04 | 131 ,7 | 0,041 | 0,093 | 0,677 |
| Coudrier. . . . | 16 ,06 | 21 ,03 | 32 ,07 | 304 ,1 | 0,131 | 0,200 | 1,893 |
| Charme . . . . | 37 ,23 | 32 ,37 | 35 ,11 | 408 ,7 | 0,087 | 0.094 | 1,097 |
| Tremble. . . . | 29 ,70 | 24 ,90 | 59 ,68 | 358 ,2 | 0,084 | 0,209 | 1,206 |
| Orme . . . . . | 25 ,46 | 17 ,91 | 39 ,48 | 363 ,1 | 0,070 | 0,155 | 1,426 |
| Érable. . . . . | 46 ,49 | 36 ,12 | 156 ,16 | 504 ,8 | 0,078 | 0,336 | 1,085 |
| Hêtre . . . . . | 41 ,71 | 21 ,95 | 59 ,79 | 293 ,5 | 0,052 | 0,143 | 0,703 |
| Chêne. . . . . | 44 ,39 | 33 ,61 | 70 ,24 | 484 ,9 | 0,076 | 0,158 | 1,092 |
| Frêne . . . . . | 48 ,91 | 88 ,56 | 110 ,11 | 407 ,1 | 0,183 | 0,225 | 0,832 |

Les trois dernières colonnes de ce tableau montrent les exigences des essences étudiées en chaux, acide phosphorique et potasse, et en combinant les taux de ces deux derniers éléments, de beaucoup les plus importants, on arrive à ranger ces onze essences forestières, d'après leur ordre d'épuisement, de la manière suivante, en commençant par les moins exigeantes :

1° *Cerisier, charme, hêtre*, qui n'enlèvent au sol que 0,134 à 0,195 d'acide phosphorique et de potasse p. 100 de matière sèche ;

2° *Alisier, orme, chêne* (0,210-0,234) ;

3° *Tremble, pommier, coudrier* (0,293-0,331) ;

4° *Érable, frêne* (0,392-0,408).

Cet ordre que l'analyse chimique nous révèle est tout à fait conforme aux faits naturels et pouvait en quelque sorte se prévoir d'après les observations culturales relatives aux essences dont nous parlons.

Le charme et le hêtre végètent dans les sols les plus médiocres, et, grâce à leurs faibles exigences, peuvent très-bien croître en massif. Le tremble épuise autant le sol en acide phosphorique que le charme et lui enlève deux fois plus de potasse, tandis que l'érable lui en prend jusqu'à trois fois autant que le charme. Mais le taux le plus remarquable est celui du frêne, qui exige trois fois plus d'acide phosphorique que le hêtre et deux fois plus de potasse. On sait, depuis les expériences résumées par Ebermayer, que la substance sèche organique (bois et feuilles) produite annuellement par un hectare de forêt s'élève à 6,300 kilogr. environ, quelle que soit la nature du peuplement. Il en résulte qu'un massif de hêtres d'un hectare enlève au sol annuellement $3^k,2$ d'acide phosphorique, et un massif de